

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 00/00859

4



REC'D 08 JUN 2000

WIPO

PCT

Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Einrichtung zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung"

am 19. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 R und G 10 L der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 29. Mai 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 199 12 525.2

Dzierzon

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung

5

Bisherige Verfahren und Einrichtungen zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung basieren entweder auf der Verwendung eines Richtmikrofons (Gradientenmikrofone) erster Ordnung oder auf ein Mikrofon-Array von zwei oder mehreren Einzelmikrofonen (z.B. Kugelmikrofonen). Im letztgenannten Fall werden zusätzliche digitale Filter verwendet, um die Frequenzgänge von den Mikrofonen auszugleichen.

10

15 Sowohl die Richtmikrofone als auch die Mikrofon-Arrays zählen zu den Freifeldmikrofonen, die durch ihre Richtwirkung eine Trennung von Nutz- und Störschall erlauben und deren Ausgangssignale über das Delay-and-Sum Verfahren addiert werden.

20

Aus der US-5,463,694 ist ein Gradientenmikrofonsystem bekannt, bei dem von der Überlegung ausgegangen wird, daß Mikrofone im wesentlichen einen gleichen Frequenzgang und eine gleiche Empfindlichkeit haben. Mit dem Begriff „Empfindlichkeit“ bezeichnet man die Eigenschaft eines Mikrofons aus einem vorgegebenen Schalldruckpegel ein vorgegebenes elektrische Signal zu erzeugen.

30

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht darin, Sprachsignale mit einem guten Nutzsignal-zu-Störsignal-Verhältnis unter Störschallbedingungen und mit einem guten Verhältnis zwischen dem direkten und dem reflektierten Schall in einer, insbesondere nicht nachhallfreien, Umgebung aufzunehmen und zu bearbeiten.

35

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 12 gelöst.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß von einer vorgegebenen Mikrofonanordnung aus aufgenommenen Sprachsignalen durch Umwandlung erzeugte elektrische Signale derart bearbeitet werden, daß bei gleichen Schalldruckpegeln an den Mikrofonen der Mikrofonanordnung von diesen erzeugte, unterschiedlich starke elektrische Signale - unterschiedliche Empfindlichkeiten der Mikrofone - automatisch, d.h. ohne manuelle individuell und separat vorzunehmende Ausgleichsprozeduren, ausgeglichen werden.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, die Eigenschaften eines Array von Mikrofonen mit denen eines Verfahrens zum Ausgleichen der Empfindlichkeit von Mikrofonen zu kombinieren.

Die Vorteile dieser Vorgehensweise sind zum einen die einfache Realisierung in Verbindung mit dem dabei erreichten (optimalen) Ergebnis und zum anderen das gute Verhältnis zwischen der Komplexität der Mikrofonanordnung (Arrays) und dem Ergebnis.

Das mit der Erfindung erzielbare Ergebnis ist gegenüber dem Ergebnis, das mit dem US-Patent 5,463,694 erreichbar ist, deutlich verbessert. Dies wird an der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

Die Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen „Unterschied der Empfindlichkeit der Mikrofone (Delta)“ und „Bündelungsmaß“

Delta (dB)	Bündelungsmaß (dB)
0	8,7
1	8,4
2	8,1
3	7,8
4	7,5
5	7,2
6	6,9

Fazit: Je größer der Unterschied der Empfindlichkeit der Mikrofone, desto schlechter wird das Bündelungsmaß.

5 Mit dem Verfahren bzw. der Einrichtung kann für jede stör-
schallerfüllte Umgebung ein optimales Bündelungsmaß der Mikrofonanordnung erreicht werden, weil es die Empfindlichkeit der Mikrofone immer automatisch ausgleicht.

10 Ein Parameter, um ein Richtmikrofon zu beurteilen, ist das Bündelungsmaß. Dieses beschreibt, anschaulich ausgedrückt, inwieweit eine Unterdrückung von diffus (allseitig) einfallendem Schall gegenüber einem Nutzschaall aus der Hauptachse erreicht wird. Dabei ist das Bündelungsmaß eine logarithmische Größe und wird demnach in Dezibel ausgedrückt.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

20 Die vorgestellte Lösung besteht vorzugsweise aus einem Array von Mikrofonen und Filtern, um die Empfindlichkeit der Mikrofone auszugleichen und den gewünschten Frequenzgang des Arrays zu erreichen.

5 Gegenüber den bekannten Mikrofon-Arrays, die komplizierte digitale Filter benötigen, um die Frequenzgänge der Mikrofone auszugleichen, braucht das vorgestellte Verfahren bzw. die vorgestellte Einrichtung nur die Ausgleicheung der Empfindlichkeit. Und das kann entweder mit einem einfachen digitalen Filter oder mit einer analogen Schaltung realisiert werden.

30 Mit dem vorgestellten Array, in dem im einfachsten Fall zwei einfache Richtmikrofone benutzt werden, werden Bündelungsmaße erreicht, die mit einem einfachen Richtmikrofon nicht erreichbar sind. Ein Array mit Kugelmikrofonen kann diese Ergebnisse erreichen, aber nur wenn das Array mit mehr als zwei
35 Mikrofonen gebaut ist. Außerdem wird vorzugsweise für jedes

Mikrofon ein Filter benötigt, um die Frequenzgänge von den verschiedenen Mikrofonen auszugleichen.

5 Um die Empfindlichkeit der Mikrofone auszugleichen, sollte man die Mikrofone mit einer Schallquelle, die orthogonal zu der Achse der Mikrofone angeordnet ist, anregen, um die Korrektur der Empfindlichkeit zu berechnen. Aber in der Praxis ist dies nicht immer möglich.

10 Alternativ ist es auch möglich, die Empfindlichkeit unabhängig von der Position der Schallquelle auszugleichen. Dies ist aber nur dann möglich, wenn die Schallquelle nur Tieffrequenzanteile hat und deren Wellenlänge viel größer ist als der Abstand zwischen den Mikrofonen. Bei einer Mikrofonanord-
15 nung mit zwei Mikrofonen sollte die Wellenlänge z.B. größer als der doppelte Mikrofonabstand sein, während die Wellenlänge bei der Mikrofonanordnung mit mehr als zwei Mikrofonen größer als die Summe der einzelnen Mikrofonabstände sein sollte.

20

Die Mikrofone sind darüber hinaus paarweise vorzugsweise so positioniert, daß ihre Hauptachsen auf einer gemeinsamen Achse liegen. Es sind aber auch Abweichungen hiervon bezüglich eines Kipp- bzw. Verstellwinkels, der z.B. im Bereich zwischen 0° und 40° variieren kann, und bezüglich eines Versatz-
25 abstandes, der z.B. kleiner als der oder gleich dem Mikrofonabstand ist, möglich. In all diesen Abweichungsfällen gibt es vorzugsweise immer ein Bezugsmikrofon mit einer Bezugshauptachse, gegenüber dem bzw. der die jeweils anderen Mikro-
30 fone der Mikrofonanordnung um einen Verstellwinkel zur Hauptachse und einem Versatzabstand angeordnet sind.

Die Signale von den Mikrofonen werden z.B. von einem Block verarbeitet, um die Empfindlichkeit der Mikrofone auszuglei-
35 chen. Danach wird die Differenz sowie die Summe von den zwei Signalen gebildet und daraus eine Linearkombination gebildet,

um ein Signal mit einer Richtcharakteristik höherer Ordnung als die von den zwei Mikrofonen des Arrays zu erhalten.

5 Zuletzt wird das Signal mit einem Filter verarbeitet, um den gewünschten Frequenzgang und Empfindlichkeit des Arrays zu erreichen.

10 Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die Mikrofonanordnung ein grenzflächig (an einer „akutischen Grenzfläche“; eine „akutische Grenzfläche“ ist in der Akustik eine harte Fläche, z.B. ein Tisch in einem Raum, die Fensterscheibe oder das Dach in einem Auto etc.) aufgebautes Gradientenmikrofon zweiter Ordnung (Quadrupolmikrofon) ist, weil dadurch der Signal-/Eigengeräuschstörabstand verbessert wird. Dabei wird außerdem der Störabstand zwischen Nutzsignal und Umgebungsgeräusch bei einer Schallaufnahme in Situationen mit hohem Umgebungsgeräusch, wie z. B. in Fahrzeugen oder öffentlichen Räumen vergrößert. Die subjektive Verständlichkeit aufgenommener Sprache wird somit in halliger Umgebung, wie z. B. in Räumen mit stark reflektierenden Wänden (Auto, Telefonzelle, Kirche) erhöht.

5 Das Quadrupolmikrofon besteht aus der Kombination zweier Gradientenmikrofone erster Ordnung mit nierenförmiger Charakteristik, deren Ausgangssignale voneinander subtrahiert werden. Durch diese Maßnahme wird das Bündelungsmaß von 4.8 auf 10 dB erhöht. Das Bündelungsmaß gibt hierbei den Gewinn an, mit dem das in der Mikrofonhauptachse einfallende Nutzsignal gegenüber dem diffus einfallenden Störsignal verstärkt wird. Durch die geeignete Anordnung der Einzelmikrofone des Quadrupolmikrofons an einer Grenzfläche wird die Nutzsignalempfindlichkeit des Mikrofons um weitere 6 dB gesteigert und der im unteren Frequenzbereich prinzipiell geringe Eigengeräuschabstand von Gradientenmikrofon höherer Ordnung signifikant verbessert.

Wesentlich an der vorgeschlagenen Lösung ist der im Vergleich zu bisherigen Lösungen geringe Aufwand, mit dem die Nutzsignalverbesserung erzielt wird. Gleichzeitig sind die äußeren Abmessungen des Grenzflächenquadrupolmikrofons bei einer vergleichbaren Richtwirkung geringer als bei bekannten Anordnungen. Bei der vorgeschlagenen Anordnung werden Interferenzen des eintreffenden Direktschalls mit dem von der Grenzfläche reflektierten Schall, die die Richtwirkung eines grenzflächennahen Mikrofons stören können, vermieden.

Mit dem grenzflächigen Aufbau des Gradientenmikrofons wird das in der Hauptachse einfallende Mikrofonnutzsignal gegenüber dem Mikrofoneigengeräusch um 6 dB angehoben.

Grenzflächig aufgebaute Gradientenmikrofone höherer Ordnung können überall dort sinnvoll eingesetzt werden, wo eine qualitativ hochwertige Aufnahme von akustischen Signalen in gestörter Umgebung benötigt wird. Neben einer hohen Störsignalunterdrückung bewirkt die hohe Richtwirkung des Mikrofons auch eine deutliche Unterdrückung des Nachhalls in Räumen, so daß auch in ruhigen Räumen eine deutliche höhere Sprachverständlichkeit erzielt wird. Beispiele für den Einsatz der vorgestellten Erfindung können Freisprecheinrichtungen von Telefonen und automatische Spracherkennungssysteme aber auch Konferenzmikrofone sein.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der FIGUREN 1 und 2 erläutert.

Die Realisierung der Empfindlichkeitsabgleichung ist in den FIGUREN 1 und 2 dargestellt. Wenn die beiden Mikrofone einen annähernd gleichen Frequenzgang aufweisen, ist der Empfindlichkeitsabgleich in einem eingeschränkten Frequenzbereich hinreichend, um über den gesamten Übertragungsbereich das gewünschte Bündelungsverhalten zu erreichen. In praktischen Fällen ist die Bedingung "gleicher Frequenzgang" in guter Näherung erfüllt.

Vorteilhaft kann das in der FIGUR 2 dargestellte Filter als Tiefpaß mit einer Eckfrequenz von beispielsweise 100 Hz ausgeführt werden.

5

Die möglichen Anwendungen für ein Gradientenmikrofon der zweiten Ordnung sind in allen Fällen, wo man eine gute Übertragung der Sprache in geräuschvollen Umgebungen braucht. Beispielsweise kann es ein Mikrofon für eine Freisprechanlage im Auto oder das Mikrofon für ein Spracherkennungssystem sein, das im Freisprechbetrieb funktioniert.

10

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung mit folgenden Merkmalen:

(a) mindestens zwei Mikrofone () werden in bezug auf eine sich in der störschallerfüllten Umgebung befindenden Schallquelle eine Mikrofonanordnung () bildend paarweise in einem vorgegebenen Mikrofonabstand () angeordnet,

(b) die Mikrofone (), ein erstes Mikrofon () und mindestens ein zweites Mikrofon (), werden in bezug auf eine Hauptachse, die durch das erste Mikrofon () festgelegt wird, derart angeordnet, daß das zweite Mikrofon () um einen vorgegebenen Kipp- bzw. Verstellwinkel () zu der Hauptachse und/oder um einen vorgegebenen Versatzabstand () zu der Hauptachse bzw. dem ersten Mikrofon () angeordnet ist,

(c) von den Mikrofonen () aus den aufgenommenen Sprachsignalen durch Umwandlung erzeugte elektrische Signale werden derart bearbeitet, daß bei gleichen Schalldruckpegeln an den Mikrofonen () von diesen erzeugte, unterschiedlich starke elektrische Signale () - unterschiedliche Empfindlichkeiten der Mikrofone () - automatisch ausgeglichen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß,

wenn das erste Mikrofon () ein erstes elektrisches Signal und jedes zweite Mikrofon () jeweils ein zweites elektrisches Signal () erzeugt, das erste elektrische Signal () und das zweite elektrische Signal () bzw. die zweiten elektrischen Signale () paarweise derart bearbeitet werden, daß die jeweils unterschiedlichen Empfindlichkeiten in den von den Mikrofonen () erzeugten elektrischen Signalen () automatisch ausgeglichen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bearbeitung dadurch erfolgt, daß

(a) das erste elektrische Signal () und das zweite elektrische Signal () bzw. die zweiten elektrischen Signale () gefiltert werden,

5 (b) Signalpegeldifferenzen () aus den gefilterten elektrischen Signalen () gebildet werden,

(c) die ungefilterten elektrischen Signale () zumindest teilweise in Abhängigkeit von den Signalpegeldifferenzen () bezüglich der jeweiligen Signalpegel solange verändert werden bis die Signalpegeldifferenzen () jeweils den Wert „0“ annehmen.
10

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß

15 (a) aus den ungefilterten elektrischen Signalen () jeweils paarweise Summensignale () und Differenzsignale () gebildet werden,

(b) aus den jeweiligen Summensignalen () und Differenzsignalen () jeweils durch Bildung von Linearkombinationen zur Erzielung einer Richtcharakteristik höherer Ordnung ein gemeinsames Nutzsignal gebildet wird,
20

(c) das Nutzsignal () zur Erzielung des gewünschten Frequenzgangs und der gewünschten Empfindlichkeit gefiltert wird.

5 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß

das erste elektrische Signal () und das zweite elektrische Signal () bzw. die zweiten elektrischen Signale () beliebig gefiltert, z.B. tief-, hoch- oder bandpaßgefiltert, werden, wenn die Schallquelle im wesentlichen orthogonal zu der
30 Hauptachse () angeordnet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß

35 das erste elektrische Signal () und das zweite elektrische Signal () bzw. die zweiten elektrischen Signale () tiefpaßgefiltert werden, wenn die Schallquelle nicht im wesentlichen orthogonal zu der Hauptachse () angeordnet ist und die Wel-

lenlänge der tiefpaßgefilterten Frequenzen bei der Mikrofonanordnung () mit zwei Mikrofonen () größer als der doppelte Mikrofonabstand () und bei der Mikrofonanordnung () mit mehr als zwei Mikrofonen () größer als die Summe der einzelnen Mikrofonabstände () ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () aus zwei Richt- bzw. Gradientenmikrofonen gebildet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () aus drei Kugelmikrofonen gebildet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Kipp- bzw. Verstellwinkel () derart vorgegeben wird, daß der Kipp- bzw. Verstellwinkel () einen Winkel im Bereich zwischen 0° und 40° aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatzabstand () derart vorgegeben wird, daß der Versatzabstand () kleiner als der oder gleich dem Mikrofonabstand () ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () an einer „akustischen Grenzfläche“ angeordnet wird.

12. Einrichtung zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung mit folgenden Merkmalen:

(a) mindestens zwei Mikrofone () sind in bezug auf eine sich in der störschallerfüllten Umgebung befindenden Schallquelle eine Mikrofonanordnung () bildend paarweise in einem vorgegebenen Mikrofonabstand () angeordnet,

5 (b) die Mikrofone (), ein erstes Mikrofon () und mindestens ein zweites Mikrofon (), sind in bezug auf eine Hauptachse, die durch das erste Mikrofon () festgelegt wird, derart angeordnet, daß das zweite Mikrofon () um einen vorgegebenen Kipp- bzw. Verstellwinkel () zu der Hauptachse und/oder um
10 einen vorgegebenen Versatzabstand () zu der Hauptachse bzw. dem ersten Mikrofon () angeordnet ist,

(c) Filter () filtern ein von dem ersten Mikrofon () durch Umwandlung erzeugtes erstes elektrisches Signal und ein von jedem zweiten Mikrofon () durch Umwandlung erzeugtes zweites
15 elektrisches Signal (), wobei die Signale unterschiedliche Empfindlichkeiten aufweisen,

(d) Mittel zum Bilden von Signalpegeldifferenzen () erzeugen paarweise aus den gefilterten elektrischen Signalen () Signalpegeldifferenzen (),

20 (e) Steuermittel () sind mit den Mitteln zum Bilden von Signalpegeldifferenzen () derart verbunden und ausgebildet, daß die ungefilterten elektrischen Signale () zumindest teilweise in Abhängigkeit von den Signalpegeldifferenzen () bezüglich der jeweiligen Signalpegel solange verändert werden bis die Signalpegeldifferenzen () jeweils den Wert „0“ annehmen.

13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß
das Filter () ein Tief-, Hoch- oder Bandpaßfilter ist, wenn
30 die Schallquelle im wesentlichen orthogonal zu der Hauptachse () angeordnet ist.

14. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß
35 das Filter () ein Tiefpaßfilter ist, wenn die Schallquelle nicht im wesentlichen orthogonal zu der Hauptachse () angeordnet ist und die Wellenlänge der tiefpaßgefilterten Fre-

quenzen bei der Mikrofonanordnung () mit zwei Mikrofonen () größer als der doppelte Mikrofonabstand () und bei der Mikrofonanordnung () mit mehr als zwei Mikrofonen () größer als die Summe der einzelnen Mikrofonabstände () ist.

5

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () zwei Richt- bzw. Gradientenmikrofone aufweist.

10

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () drei Kugelmikrofone aufweist.

15

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Kipp- bzw. Verstellwinkel () derart vorgegeben ist, daß der Kipp- bzw. Verstellwinkel () einen Winkel im Bereich zwischen 0° und 40° aufweist.

20

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatzabstand () derart vorgegeben ist, daß der Versatzabstand () kleiner als der oder gleich dem Mikrofonabstand () ist.

25

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrofonanordnung () an einer akustischen Grenzfläche angeordnet ist.

30

Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zum Aufnehmen und Bearbeiten von Sprachsignalen in einer störschallerfüllten Umgebung

5

Um Sprachsignale mit einem guten Nutzsignal-zu-Störsignal-Verhältnis unter Störschallbedingungen und mit einem guten Verhältnis zwischen dem direkten und dem reflektierten Schall in einer, insbesondere nicht nachhallfreien, Umgebung aufzu-

10

nehmen und zu bearbeiten, werden von einer vorgegebenen Mikrofonanordnung aus aufgenommenen Sprachsignalen durch Umwandlung erzeugte elektrische Signale derart bearbeitet, daß bei gleichen Schalldruckpegeln an den Mikrofonen der Mikrofonanordnung von diesen erzeugte, unterschiedlich starke

15

elektrische Signale - unterschiedliche Empfindlichkeiten der Mikrofone - automatisch, d.h. ohne manuelle individuell und separat vorzunehmende Ausgleichsprozeduren, ausgeglichen werden. Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, die Eigenschaften eines Array von Mikrofonen mit denen eines Verfahrens zum Ausgleichen der Empfindlichkeit von Mikrofonen zu kombinieren.

20

FIGUR 2

